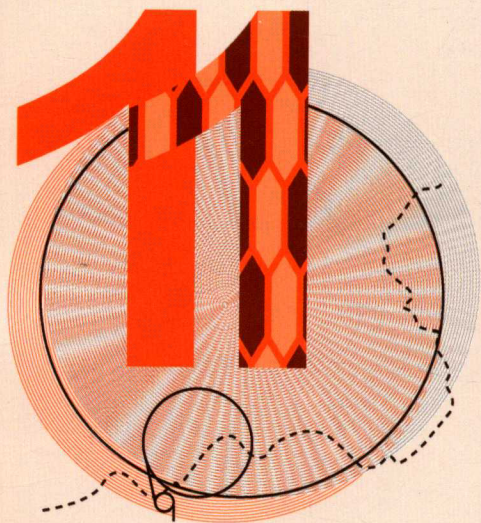


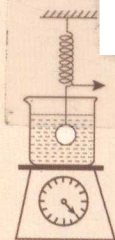
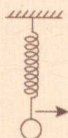
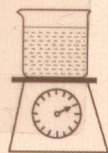
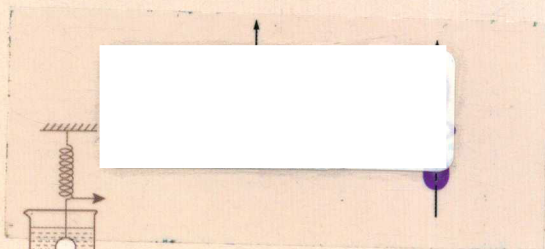
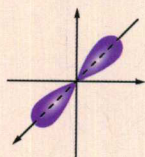
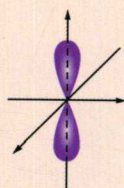
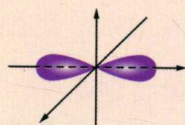
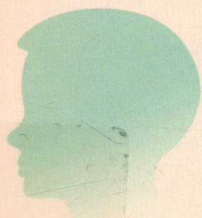
王溢然 束炳如 主编

中学生物理思维方法丛书



求异

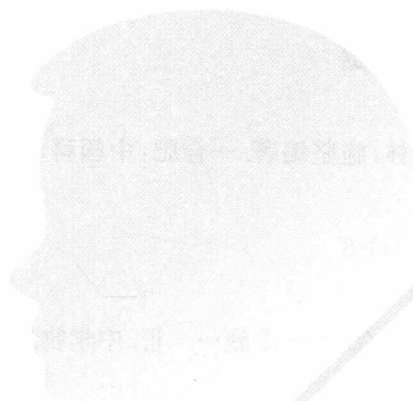
王溢然 徐达林 施 坚 编著



中国科学技术大学出版社

王溢然 束炳如 主编

中生物理思维方法丛书



11 求异

王溢然 徐达林 施 坚 编著

中国科学技术大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

求异/王溢然,徐达林,施坚编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2016.5

ISBN 978-7-312-03941-6

I. 求… II. ①王… ②徐… ③施… III. 中学物理课—高中—教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 073743 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 安徽省瑞隆印务有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 880 mm×1230 mm 1/32
印张 11.25
字数 292 千
版次 2016 年 5 月第 1 版
印次 2016 年 5 月第 1 次印刷
定价 30.00 元

一个正确陈述的反面是假的陈述，
而一个深刻的真理的反面可能是另一
条深刻的真理。

——玻尔

序 1

在中学物理学习过程中,学生在获取知识的同时,还要重视从科学宝库中汲取思维营养,加强科学思维方法的训练.

思维方法的范畴很大,包括抽象思维、形象思维、直觉思维等.以抽象思维而言,又有众多的方法,在逻辑学中都有较严格的定义.对于以广大中学生为主的读者群,就思维科学意义上按照严格定义的方式去介绍这众多的思维方法,显然是没有必要的.由王溢然、束炳如同志主编的这套丛书,不追求思维科学意义上的完整,仅选取了在物理科学中最有影响、中学物理教学中最常见的思维方法(包括研究方法)为对象,在较为宽泛的意义上展开,立意新颖,构思巧妙.全套丛书各册彼此独立,都以某一类或两三类思维方法为主线,在物理学史的恢宏长卷中,撷取若干生动典型的事例,先把读者引入饶有兴趣的科学氛围中,向读者展示这种思维方法对人类在认识客观规律上的作用.然后,围绕这种思维方法,就其在中学物理教学中的功能和表现,以及其在具体问题中的应用做了较为深入、全面的开掘,使读者能从物理学史和中学物理教学现实两方面较宽广的视野中,逐步领悟到众多思维方法的真谛.

这套丛书既不同于那些浩繁的物理学史典籍,也有别于那些艰深的科学研究方法论的专著,它融合了历史和方法,兼顾了一般与提高,联系了教学与实际,突出了对中学物理教学的指导作用,文笔生





动、图文并茂，称得上是一套融史料性、科学性、实用性、趣味性于一体的优秀课外读物，无论对广大中学生（包括中等文化程度的读者）还是对中学物理教师以及高等师范学院校物理专业的学生，都不无裨益。

科学研究是一项艰巨的创造性劳动，任何科学发现和科学理论的诞生都是在一定的背景下，科学家精心的实验观测、复杂的思维活动的产物，在攀登道路上充满着坎坷和危机，并不是一帆风顺、一蹴而就的。科学家常常需及时地（有时甚至是痛苦地）调整自己的思维航向，才能顺利抵达成功的彼岸。因此，任何一项科学新发现、一种科学新理论的诞生，绝不会仅是某种单一思维活动的结果，这也就决定了丛书各册在史料的选用上必然存在某些重复和交叉。虽然这是一个不足之处，却也可以使读者的思维层次“多元化”。不过，作为整套丛书来说，如果在史料的选用上搭配得更精细一些、在思维活动的开掘上更深刻一些，将会使全书更臻完美。

我把这套丛书介绍给读者，首先希望引起广大中学生的兴趣，能从前辈科学家思维活动中汲取智慧，活化自己的思维，开发潜在的智能；其次希望中学物理教师在此基础上继续开展对学生思维方法训练的研究，致力于提高学生的素质，以适应新时期的需要；最后我也真诚地希望这套丛书能成为图书百花园中一朵惹人喜爱的花朵。

阎金铎

序 2

“中学生物理思维方法”是一个很诱人的课题. 如果从我比较自觉地关注这个课题算起, 要追溯到 20 世纪 80 年代. 开始时, 朴素的动因就是激发学生兴趣, 丰富上课内容; 后来, 通过对许多科学研究方法论著作、思维学著作等的学习和教学实践, 认识上逐步从传授知识层面提高到了对学生的学习能力乃至思维品质进行培养的高度. 于是, 在 90 年代中期, 经过比较充分的积累, 策划编写了这套思维方法丛书.

《中学生物理思维方法丛书》问世后, 受到了广泛的关注, 被列入国家新闻出版总署“八五”规划重点图书, 还被推介到台湾出版了繁体字版(中国台湾新竹“凡异出版社”). 因此, 作者受到了很大的鼓舞.

光阴荏苒, 如今已进入 21 世纪. 科学技术飞速发展, 教学理念不断更新, 教学的要求也随着时代前进的脚步有了很大的变化. 当前, 国际教育界大力提倡“科学的历史、哲学和科学”教育, 希望借此更好地提高学生的科学素质. 我国从新世纪开始试行的《高中物理课程标准》也明确提出同样的要求. 中外教育家一致的认识——结合物理教学内容, 回顾前辈科学家创造足迹, 无疑是了解科学本质、培养科学精神的一个重要途径.

本丛书的新一版继续坚持“科学史料、思维方法、中学教学”三结合的内容特色, 并补充了反映科学技术方面的新成果、新思想, 尤其



在结合中学物理教学方面有了很大的进展——删去或淡化了与当前中学物理教学联系不够紧密的某些枝叶,突出了主干知识;撤换了相对陈旧的某些问题,彰显了时代风貌;调整了某些内容,强化了服务对象。值得说明的是,在新一版中还选入了相当数量的近年高考题,这些问题集中反射了各地专家、学者的智慧,格外显得光彩熠熠、耐人寻味。因此,新一版内容更为丰满多彩,也更为贴近中学教学和学生实际,更好地体现了科学性、方法性、应用性、趣味性。希望能够继续被广大读者喜欢,也希望能够更好地使读者受到启发,有所得益,有所进步!

今后,随着时代的发展和中学物理教学要求的不断更新,新思想、新成果和教学中的新问题势必会层出不穷,但前辈科学家崇高的科研精神、深邃的思想和创造性思维方法的光辉,必将永远照耀着人们前进的道路!

在新一版问世之际,首先要衷心感谢我的良师益友、苏州大学物理系束炳如教授。从萌发编写丛书的想法开始,束先生就给予作者极大的鼓励、支持。编写过程中,作者与先生进行了难以计次的深夜长谈,他开阔的思路、活跃的创见和对具体问题深刻的分析指导,都给了作者极为有益的启发和帮助,让作者从中得到了强大的精神力量,也给作者留下了永不磨灭的记忆。借此机会,同时衷心感谢两位德高望重的原顾问周培源先生*和于光远先生**以往对本丛书的关爱;衷心感谢为本丛书作序的阎金铎教授***对作者的鼓励;衷心感谢吴保让先生、倪汉彬先生、贾广善先生、刘国钧先生等曾为丛书审读初稿

* 周培源(1902~1993),著名物理学家,中国科学院院士,曾任中国物理学会理事长、中国科学技术协会主席、北京大学校长等。

** 于光远(1915~2013),著名经济学家,中国社会科学院哲学社会科学学部委员,曾任国家计划委员会经济研究所所长、中国社会科学院副院长等。

*** 阎金铎,著名物理教育家,北京师范大学物理系教授、教科所所长,曾任中国教育学会物理教学研究会理事长等。

并提出了宝贵的修改意见；衷心感谢曾为丛书绘制精美插图的朱然先生；衷心感谢被引用为参考资料的原作者们；衷心感谢曾经对丛书大力支持的大象出版社；衷心感谢广大读者朋友对本丛书的厚爱。

本丛书相当于一个“系统工程”，编辑、出版需要花费大量的人力、物力。新一版的问世，跟中国科学技术大学出版社的鼎力支持是分不开的。在此，也代表所有作者对中国科学技术大学出版社和有关编辑室表示衷心的感谢。

不知哪位作家说过这样的话：写作的最大乐趣首先是在写作的过程中，作者与读者心灵交流；其次是作品出版后，能够被读者认可。虽然这套丛书不是文学创作的作品，我们也只是站立三尺讲台的中学老师，但是在编写过程中，内心时时有着一种极为强烈的冲动，有一个声音呼唤着：把我们在长期教学实践中所积累和思考的有关中学物理教与学的点滴认识、心得与中学物理教学界同行，尤其是广大的中学生朋友们进行交流、分享与探讨。实际上，书中有许多地方都包含着从以往学生的思维火花中演绎的方法。

本丛书的新一版，尽管我们思考了比较长的时间，编写中也都作了努力，但仍然难免会有疏漏乃至错误的地方，请读者发现后予以指正。

王溢然

2014年2月于苏州庆秀斋



前言

求异思维是指对某个研究对象通过多起点、多方位、多层次、多结局的思考和他析,寻求解决问题的一种思维方法。它常常不落俗套,标新立异,是创造发明中的一个宝贵的要素。

我国著名数学家、教育家王梓坤教授在归纳总结了一些科学发现的思维过程后,曾精辟地指出:“不少伟大的划时代的科学发现,往往都不是按旧的思想体系,以一般的逻辑推理方法所获得的,需要的是出奇制胜的高招。特别是当我们工作已久,各种方法都一一试过而仍无希望时,更要打破常规,另创新路。”这里的“打破常规,另创新路”,就是对求异思维形式和方法的高度形象概括。

本书中,我们先通过一些小故事,阐释求异思维的含义,介绍其最基本最常见的一些形式。接着,以较为翔实的若干资料,从科学发现、发明的思维线索中体会求异思维的力量。然后,结合中学物理教学实践,概述教学中求异思维的表现。最后,对求异思维的教学功能及其在分析研究中学物理问题中的具体应用进行较详细的介绍。

希望同学们通过阅读本书,能进一步拓宽自己的思路,更好地提高自己的思维素质。我们深信,以坚实的知识为基础,并不断地坚定求异的信念,明天一定可以泛舟科技大海,共创祖国美丽宏图,创造出新的成果。

作者

2015年1月



目 录

序 1	(i)
序 2	(iii)
前言	(vii)
1 什么叫求异思维	(001)
1.1 从圆珠笔不漏油谈起——逆向思维	(001)
1.2 人们是怎样走上自动扶梯的——转换角度	(007)
1.3 国王与画家——克弱求异	(012)
1.4 一个中学生的发现——反常求异	(017)
1.5 三王子的蜡烛——发散联想	(024)
2 求异思维在科学认识中的作用	(032)
2.1 托里拆利实验	(032)
2.2 光谱分析法	(035)
2.3 质子衰变实验	(040)
2.4 从宇宙膨胀到宇宙起源	(043)
2.5 光纤通信的突破	(045)
2.6 泊松亮斑与激光的预言	(050)
2.7 氟利昂的产物哪里去了	(057)





2.8	一个经久不衰的实验	(068)
2.9	热机的发展之路	(076)
2.10	加速器的演变	(087)
3	中学物理中几种典型的求异思维形式	(098)
3.1	逆向思维	(098)
3.2	转换角度	(105)
3.3	发散联想	(121)
3.4	反常求异	(150)
3.5	似中求异	(165)
3.6	反证归谬	(177)
4	求异思维对学习和运用物理知识的指导作用	(187)
4.1	孕育批判的火种——思维的批判性	(187)
4.2	张开灵活的风帆——思维的灵活性	(196)
4.3	探求深刻的底蕴——思维的深刻性	(205)
5	求异思维在研究和解决中学物理问题中的应用	(213)
5.1	逆向探索	(213)
5.2	一题多解	(236)
5.3	一题多变	(261)
5.4	指导实验	(301)
结束语		(342)
参考文献		(344)





1 什么叫求异思维

求异思维有很多不同的形式和方法. 广义地说, 凡是与常规思维不同的过程都属于求异的范畴. 因此, 可以通过逻辑推理的方法去标新立异, 也可以通过直觉的顿悟独辟蹊径. 其中, 逆向、转换、克弱、反常、发散等更是求异中典型而又独具特效的思维方式. 用这些方法处理问题, 不落俗套, 能出奇制胜地得出结论, 令人拍案叫绝. 它们与其他思维形式的渗透和补充, 能使思维力量更显神威.

下面, 我们先通过一些具体的小故事, 阐释求异思维的多种表现, 初步领略一下求异思维的风采.



1.1 从圆珠笔不漏油谈起——逆向思维

圆珠笔是我们常用的书写工具. 它小巧轻便, 结构简单. 然而, 令人意想不到的是, 就在它显得十分简单的笔尖结构上却有着一段耐人寻味、颇有启发的发明史.

用很小的圆珠作笔尖的设想, 可以追溯到 1938 年匈牙利人拉德依斯拉奥·J·拜罗的发明. 拜罗的圆珠笔专利中采用的是活塞式笔芯, 虽然书写流利, 但因为有油墨经常外漏的缺点, 这个曾一度风行世界的“拜罗笔”, 在 20 世纪 40 年代几乎被消费者所抛弃.

1945 年, 美国企业家米鲁多思·雷诺兹为回避拜罗的专利, 设计出了靠重力输送油墨的圆珠笔, 并将其投入市场. 但是, 这种笔仍

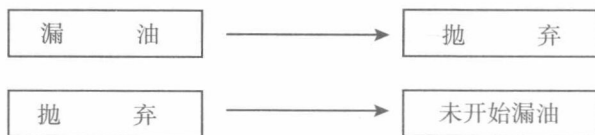


然没有解决油墨外漏的难题,所以也未能受到消费者的青睐。于是,许多人都在研究着如何解决圆珠笔的漏油问题。

说起来,漏油的原因是很明白的——书写日久,笔珠磨损而蹦出一点,油墨就随之外流了。因此,许多人都循着这样的思路,首先想到的是增强笔珠的耐磨性。依据这个思路,许多国家的圆珠笔厂商都投入力量开展笔珠耐磨性的研究。人们试用耐磨性好的宝石和不锈钢做笔珠,但这样又产生了新问题:不仅价格昂贵,不适宜大众消费,而且笔芯头部内侧与笔珠接触的部分被磨损,书写一阵后仍然会使笔珠蹦出,漏油问题依然得不到解决。

直到1950年,正当人们对解决漏油问题感到一筹莫展的时候,日本发明家中田滕三郎变换了以往从磨损角度研究的思路,产生了一个绝妙的构思。他想:既然圆珠笔写到约2万字就因漏油而不得不抛弃,那么,控制圆珠笔中的油量,使它在写到约1.5万字左右时刚好用完,便也弃之不用,不就可以解决漏油问题了吗?基于这种想法,中田经过一系列试验,很快就试制成功了不漏油的圆珠笔。以往困扰人们多年的圆珠笔漏油的难题也就不复存在了。

常规思路是解决漏油的技术问题,而中田想到的是既然要抛弃漏油的笔,那么不如抛弃还未开始漏油的笔。中田的思路可以简要地概括如下:



中田的这种独到的发明思路和方法,说穿了很简单。可贵的是他能首先挣脱常规思维的桎梏,“反其道而行之”,并获得了成功。日本发明学会会长丰泽丰雄曾赞叹道:真是一个绝妙的“逆向思维方法”。

所谓逆向思维,可以认为包含着这样两层含义:其一,是指为达到目标,将人们通常思考问题的思路反转过来,以背逆常规现象或常

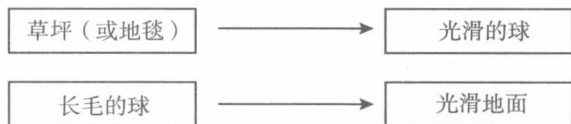
规解决问题的方法为前提,去寻找解决问题的新途径、新方法.它的特点是往往不针对方法而直接针对目标.其二,是指对常见的事实或已经发现的现象,作反方向的思考与探究,从中去发现新的事实或新的研究线索.例如,1820年奥斯特发现了电流的磁效应(电生磁),促使人们想到它的逆效应(磁生电),从而在1831年法拉第发现了电磁感应现象;1821年,塞贝克发现了“温差电”现象,促使13年后帕尔帖发现它的逆效应*……

下面请再看几则事例,进一步了解逆向思维的一些具体表现形式和方法.

(1) 长毛的球

在日本,有一位热衷于高尔夫球的业余爱好者滨里,可是他家里没有一块可供练习打高尔夫球的草坪.怎么办呢?是种植一块草坪,还是买羊毛地毯来代替草坪?前者不是朝夕就可办成的,后者花费的代价也不菲.有什么办法既可以练球又少花钱呢?在滨里举棋不定的时候,便转而从打球的物理原理考虑.滨里想:为什么打高尔夫球要在草坪上进行呢?这是因为草坪(或代用品地毯)具有给球施加摩擦力的作用.那么,如果把这种施加摩擦力的条件逆转,即通过把地毯上的毛安在球上,不就同样可以在一般地面上产生类似草坪效果的摩擦力,达到在草坪上进行训练的同样效果了吗?

滨里把事物结构反转,即从已有事物的相反结构形式去设想解决问题的思路,也是逆向思维的一种方式.滨里的思路可以表示如下:



* 如果将两种不同的导体连接成回路,使两个接头保持不同的温度时,回路中会产生电动势的现象,称为温差电现象.其逆效应为当电流通过不同导体组成的回路时,在不同导体的接头处随着电流方向的不同会分别出现吸热、放热现象.



(2) 风洞实验

大家知道,空气对飞机来说具有两重性:既对飞机的飞行产生阻力,又依靠气流在机翼上下方形成的压强差产生升力.因此,研究气流对飞机(或飞行器)的作用,是飞机(或飞行器)设计中具有决定性意义的大事.飞机设计师在设计新的机型或某些机件(如机翼)时,除了进行复杂的理论计算外,还需要进行实验测量.但是,让一个新的机型(或某些新的机件)贸然上天试飞,简直是用飞行员的生命开玩笑,实在是太危险了.

那么,怎样才能检测新的机型或机件在高速飞行时的性能呢?根据逆向思维设计的“风洞”就可以助工程师们一臂之力了.

所谓“风洞”,就是用人工的方式产生并控制气流的一种装置,可以模拟飞机、汽车等高速运动物体在空气中运动时周围气流的情况,并可以比较和量度气流对高速运动的实际物体所产生的作用效果.显然,风洞的设计思路就是一种很典型的逆向思维,它把物体在空气里的运动“颠倒”一下:

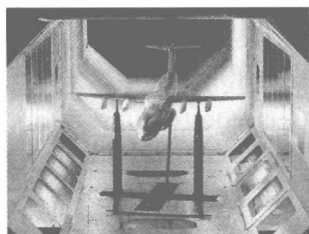


图 1.1 在风洞中做实验的飞机

大约在 1870 年,英国首先制成了第一个风洞,用于测量物体与空气相对运动时的阻力.美国的莱特兄弟在发明飞机的过程中,于 1900 年制成了一个风洞,为他们第一架飞机的成功飞行奠定了基础.后来,随着航空业的发展,

在 20 世纪中叶,风洞大量出现,并分为低速、高速、超高速和激波等可满足不同要求的各种类型的风洞.早期的风洞主要用于对飞行

器的实验,如今,它不仅是飞机(和其他飞行器)设计、研究和制造中不可缺少的装置,也成为交通运输、房屋建筑和风能的利用、开发中一个重要的研究设备。

(3) 爱迪生与留声机

偶然事件的联想

美国的发明大王爱迪生一生拥有多达 1093 项发明专利,如白炽灯、电影放映机、碳粒话筒等都是他的重要发明。不过,这些发明前人多多少少已有些技术基础,爱迪生只是作出了重大改进。然而,留声机的发明却不同,在爱迪生以前的人类发展的历史长河中,没有人考虑过要“把声音储存起来”。因此,留声机称得上是爱迪生的一项最大发明。

说起这项发明,也是在一个偶然事件启发下获得成功的。当时,30 岁的爱迪生充满活力,正在从事电报的研究,尤其热衷于研究自动收发报机。他在圆纸板上用刻纹把电文记录下来,圆纸板一转,刻纹就使得划针上下移动,划针又连接着电磁开关,这样就能自动拍发电报了。

在试验中,当用划针接触圆板时,声音引起的振动传到了他的手指上。这本来是件很平常的事,也许发明家的伟大就在于此,爱迪生马上捕捉到一个思维火花,直觉地产生了逆向联想:如果事先按照人说话发出的声音记录下刻纹,再让划针沿着刻纹运动而上下振动,使声音再现,岂不就能造出一架“会说话的机器”了吗?

爱迪生的最大发明

于是他从 1877 年的夏天开始就反复钻研,紧张地连续工作了 4 个多月,终于成功地发明了世界上第一台留声机。图 1.2 就是爱迪生画的第一台留声机的图样。他使覆盖着锡箔的

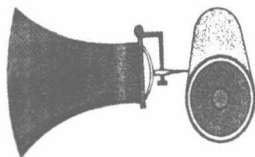


图 1.2 第一台留声机的图样